Tijdschrift van het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
DEEL 31 Nr. 1 1966

Voorwoord van het bestuur — NERG

In de 30 voorgaande jaargangen van dit Tijdschrift kon worden voorzien in een door vele leden hooggehouden behoefte. Deze positieve uitspraak, als basis van het verleden en richtsnoer voor de toekomst, was een der zelfgekozen uitgangspunten van een recent geïnstalleerde en inmiddels weer ontbonden ad-hoc "tijdschriftcommissie", die overigens open oog had voor de nuances in waardering van de wetenschappelijke verslaggeving en actuele berichtgeving.

De leden danken het gebodene, behalve aan hen, die bijdragen leverden, aan slechts weinig hoofdredacteuren, die geheel of overwegend belangeloos het Genootschap dienden: H. Wesselius Oncken (1920-1951), Ir. H. T. Hylkema (1952-1959), Ir. L. Krul (1960-1965). Daarnaast aan enkele stille werkers, die plegen te glimlachen om pogingen hun prestaties naar moderne zakelijke maatstaven te beoordelen. Nu de meest karakteristieke vertegenwoordiger van dit groepje, Dr. E. Oosterhuis (79), tenslotte het besluit genomen heeft zijn taak te beëindigen past ons oprechte dank voor zijn toewijding en trouw.

Toen voor de zojuist afgetreden hoofdredacteur het ogenblik voor beëindiging van zijn taak in zicht kwam, gelukte het de meest passende vorm te vinden hem de erkentelijkheid van het Genootschap te betuigen, n.l. door hem middels de tijdschriftcommissie grote invloed te verschaffen op de toekomstige inhoud en gedaante van het Tijdschrift.

Het bestuur was aansluitend aangenaam verrast Ir. Th. J. Weijers, die het Genootschap voorheen al aanzienlijk aan zich verplichtte, zonder noemenswaardige aarzeling bereid te vinden als opvolger de door de commissie aanbevolen, lichtelijk gewijzigde koers van de toekomst te varen. Hij zal daarin worden bijgestaan door een in aantal en bevoegdheden versterkt team van redacteuren: Prof. Ir. J. W. Alexander, Ir. A, P. Bolle, Ir. E. Goldbohm, Dr. F. L. Stumpers.

Met deze ervaringen voelt het bestuur zich zeer gerust omtrent de toekomstige waarde en betekenis van het Tijdschrift voor de leden.

Ten geleide

Overeenkomstig een besluit van het bestuur van het Nederlands Electronica- en Radiogenootschap presenteert ons Tijdschrift zich bij het begin van deze jaargang volgens gewijzigde richtlijnen.

Van deze veranderde opzet wordt verwacht, dat de waardering en de belangstelling voor het Tijdschrift en voor ons Genootschap zullen toenemen. Tevens moge de vernieuwing een hechtere band tussen de leden bevorderen.

Op de eerste plaats wordt er naar gestreefd, de actualiteit te verhogen. Daartoe zal het Tijdschrift van nu af iedere maand verschijnen; het is de stellige verwachting, dat de lezers ieder nummer ook inderdaad in de betreffende maand zullen ontvangen. Om dit van het begin af aan te realiseren verschijnt dit nummer reeds voordat de vorige jaargang geheel compleet is. De nog achterstallige nummers van de jaargang 1965 zijn evenwel in voorbereiding en verschijnen spoedig.

Van de voordrachten, gehouden op de werkvergaderingen, wordt in het eerste daarop volgende nummer een samenvattend uittreksel opgenomen. Van de naar het oordeel der redactie daarvoor in aanmerking komende voordrachten kan op een later tijdstip de volledige tekst worden gepubliceerd.

Aan nieuwe ontwikkelingen op theoretisch en technisch gebied, vallende binnen de doelstellingen van het Genootschap, zal de nodige aandacht worden geschonken. We verwachten, dat de leden artikelen over hun origineel werk ter plaatsing zullen aanbieden. Deze kunnen in het Nederlands, Engels, Frans of Duits zijn gesteld, voorzien van een "summary" in het Engels. Ook zullen samenvattende artikelen worden opgenomen, die een overzicht geven over een geheel vakgebied.

Aankondigingen van congressen, tentoonstellingen en dergelijke, boekbesprekingen, personalia en nieuws betreffende ons Genootschap blijven natuurlijk als vaste rubrieken gehandhaafd.

Om de vernieuwing inderdaad aan het doel te laten beantwoorden doet de redactie een beroep op de leden om artikelen en korte mededelingen over actuele onderwerpen ter plaatsing aan te bieden. Nu het Tijdschrift iedere maand verschijnt, is desgewenst plaatsing op korte termijn gewoonlijk wel mogelijk.

Moge het Tijdschrift in zijn vernieuwde vorm een verhoogde belangstelling vinden.

De redactie.

Pulscompressie I

door J. Dijk *), C. A. G. Kloeck, W. B. G. M. Oude Vrielink en J. E. Rooyackers *)

Summary

The performance of radar is mainly determined by the output signal-to-noise ratio of the receiver. Theoretically, this ratio is proportional to the transmitted energy per pulse if matched filtering is applied. A method to improve the signal-to-noise ratio is to increase the pulse width of the transmitted signal; this, however, causes the resolution to decrease. If the carrier of the signal is frequency modulated, the output signal of the matched filter is of a shorter duration. This phenomenon, called pulse compression, makes it possible to increase the pulse duration of the transmitted signal and hence the transmitted energy, without a decrease of resolution. A system is described with a compression ratio of 25 and a pulse duration of 10 microseconds after the compression.

In the first part of this article the theory of pulse compression will be discussed, in the second part the design of the filter.

1. Inleiding

Bij een pulsradarzender worden met een al of niet vaste herhalingsfrequentie pulsvormige signalen uitgezonden. In verband met een maximaal gewenst afstandsbereik van de installatie is de pulsherhalingsfrequentie of de herhalingsfrequentie van een groep pulsen vastgelegd; de pulsduur van het uitgezonden signaal bepaalt het gewenste onderscheidingsvermogen of de resolutie. De dikwijls zwakke echosignalen, die tezamen met een hoeveelheid ruis worden ontvangen, zal men zo goed mogelijk trachten te "behandelen" (eng.: processing) om de maximale informatie aan het signaal te kunnen onttrekken. Deze "behandeling", in het algemeen de detectie en het filteren van het signaal, zal tot een zo groot mogelijke verhouding van de vermogens van signaal en ruis aan de uitgang van de ontvanger moeten leiden.

*) Technische Hogeschool Eindhoven.

2. Het optimale filter

North [1] heeft aangetoond dat, wanneer men aan de ingang van een netwerk een signaal toevoert waarvan de spanning c.q. de stroom als functie van de tijd wordt beschreven door $s_i(t)$, terwijl de ruisspanning op dezelfde plaats weergegeven wordt door $n(t)$, een maximale verhouding van het signaalvermogen ten tijde t_1 en het gemiddelde ruisvermogen aan de uitgang, R_{max}, wordt verkregen, wanneer de frequentiekarakteristiek van het netwerk voldoet aan:

$$H(\omega) = a\, S_i^*(\omega)\, e^{-j\omega t_1}, \tag{1}$$

waarbij geldt:

$$R_{max} = \frac{2\,E}{N_0}. \tag{2}$$

In bovenstaande uitdrukking stelt $S_i(\omega)$ de Fourier-getransformeerde van het ingangssignaal voor:

$$S_i(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_i(t)\, e^{-j\omega t}\, dt\,, \tag{3}$$

of symbolisch:

$$S_i(\omega) \circ\!-\!\circ\, s_i(t)\,. \tag{4}$$

$S_i^*(\omega)$ is de geconjugeerde van het complexe spectrum $S_i(\omega)$, terwijl E de energie van het signaal voorstelt en N_0 het ruisvermogen per eenheid van bandbreedte, betrokken op het positieve frequentiespectrum.

Een netwerk dat aan (1) voldoet zal een „optimaal filter" worden genoemd; in de Amerikaanse literatuur wordt dit nogal vaag aangeduid met „matched filter". Het uitgangssignaal van het optimale filter kunnen we, zoals bekend, in het algemeen beschrijven door de convolutie

$$s_u(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_i(\tau)\, h(t-\tau)\, d\tau\,, \tag{5}$$

waarin $h(t) \circ\!-\!\circ\, H(\omega)$. Immers, daar $H(\omega)$ de doorlaatkarakteristiek van het netwerk is, geldt voor het uitgangsspectrum van het netwerk

$$S_u(\omega) = S_i(\omega)\, H(\omega). \tag{6}$$

Dan is $S_u(\omega) = H(\omega)$ het uitgangsspectrum voor het geval dat voor het ingangsspectrum geldt: $S_i(\omega) = 1$. Het signaal dat dit spectrum oplevert is, zoals bekend, de z.g. Dirac-stoot of impulsfunctie, $\delta(t)$. Hierdoor stelt $h(t)$ de respons van het netwerk op de Dirac-stoot voor. Aangezien we het ingangssignaal als een oneindige som van Dirac-functies kunnen schrijven, dus

$$s_i(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_i(\tau)\,\delta(t-\tau)\,d\tau\,, \tag{7}$$

is het duidelijk dat (5) de uitgangsfunctie weergeeft; we schrijven hiervoor symbolisch

$$s_u(t) = s_i(t) * h(t). \tag{8}$$

Toepassing van de Fourier-transformatie op (1) levert

$$h(t) = \frac{a}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} S_i^*(\omega)\,e^{-j\omega t_1}e^{j\omega t}\,d\omega = a\,s_i^*(t_1 - t).\,^{1)} \tag{9}$$

Substitutie in (8) geeft dan

$$s_u(t) = a\,s_i(t) * s_i^*(t_1 - t) = a\int_{-\infty}^{+\infty} s_i(\tau)\,s_i^*(\tau + t_1 - t)\,d\tau\,. \tag{10}$$

Bepalen we ons thans tot een reëel signaal $s_i(t)$, dan is

$$s_u(t) = a\int_{-\infty}^{+\infty} s_i(\tau)\,s_i(\tau + t_1 - t)\,d\tau\,. \tag{11}$$

De autocorrelatiefunctie van een reële functie $f(t)$ wordt gedefinieerd als

$$\varrho(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau)\,f(\tau + t)\,d\tau\,, \tag{12}$$

zodat de uitgangsfunctie in het algemeen is:

$$s_u(t) = a\,\varrho(t_1 - t), \tag{13}$$

terwijl op het moment $t = t_1$ geldt:

$$s_u(t) = a\,\varrho(0). \tag{14}$$

Volgens (11) is dan

$$s_u(t) = a\int_{-\infty}^{+\infty} s_i(\tau)\,s_i(\tau)\,d\tau = a\,E\,. \tag{15}$$

[1]) zie appendix 1

Wanneer we thans als ingangssignaal kiezen één enkele r.f.puls met de duur T en de draaggolffrequentie ω_c dan is

$$s_i(t) = p_T(t) \cos \omega_c t, \tag{16}$$

waarin

$$p_T(t) = 1 \text{ voor } |t| < \frac{T}{2},$$

$$p_T(t) = 0 \text{ voor } |t| > \frac{T}{2}.$$

Volgens vergelijking (11) verkrijgt men het uitgangssignaal, wanneer men twee tijdfuncties, t.w. $s_1(\tau)$ en $s_1(\tau + t_1 - t)$, over elkaar heen laat schuiven (fig. 1a) en op ieder moment het geintegreerde product van de dekkende delen bepaalt (fig. 1b).

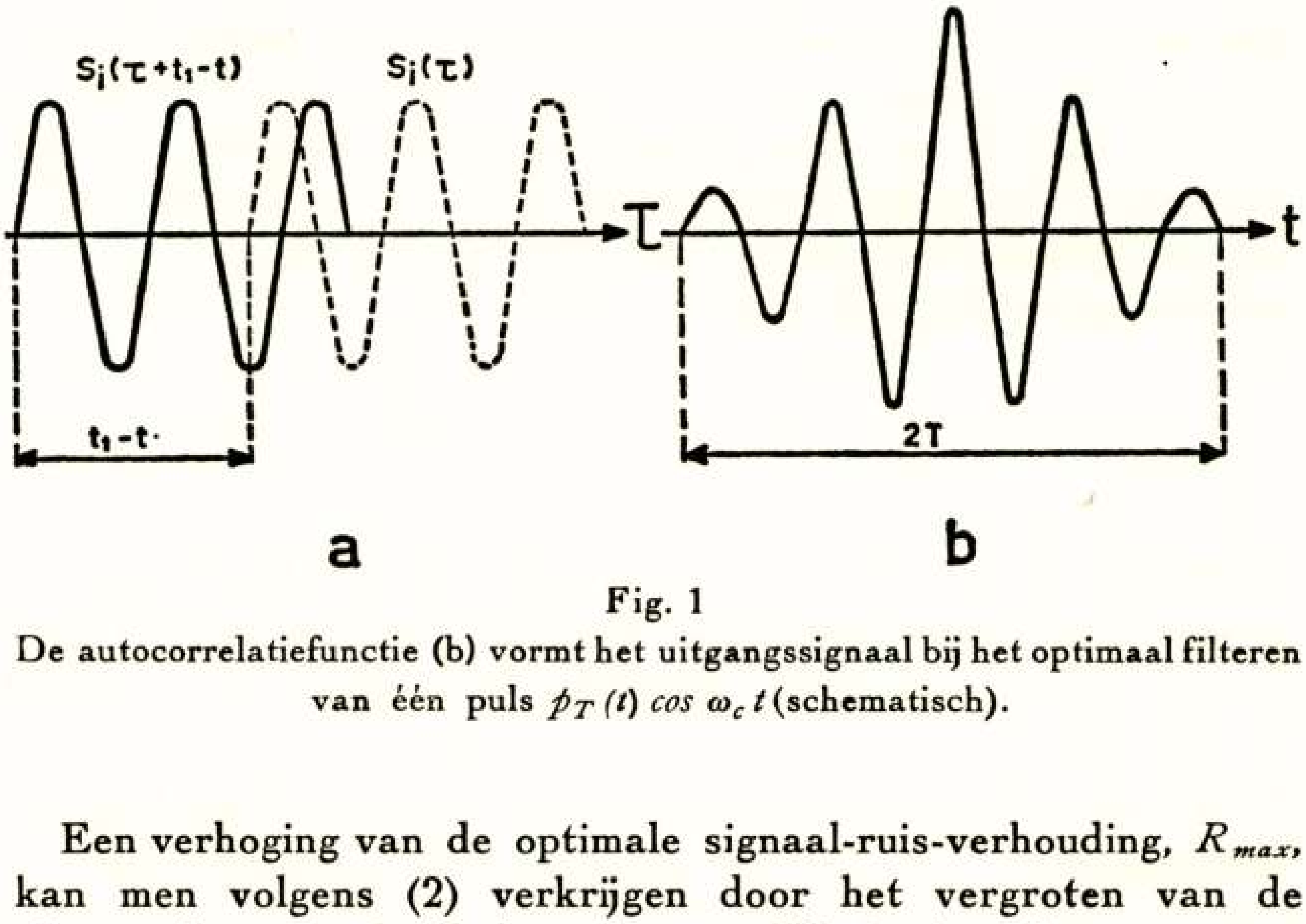


Fig. 1
De autocorrelatiefunctie (b) vormt het uitgangssignaal bij het optimaal filteren van één puls $p_T(t) \cos \omega_c t$ (schematisch).

Een verhoging van de optimale signaal-ruis-verhouding, R_{max}, kan men volgens (2) verkrijgen door het vergroten van de uitgezonden energie E, hetgeen mogelijk is door het opvoeren van het piekvermogen van het signaal en (of) door het verlengen van de duur ervan. Het vermogen wordt beperkt door de dissipatie van de ter beschikking staande buizen of door overslag in de golfgeleiders. Het verlengen van de pulsduur houdt echter een vermindering van de resolutie in. Deze degradatie treedt niet op, wanneer het mogelijk zou zijn, bij behoud van de voorwaarde voor optimaal filteren, de duur van $s_u(t)$ konstant te houden bij een verlenging van duur van $s_i(t)$. Meer algemeen mag men stellen: er moet een situatie worden bereikt, waarbij de duur van $s_u(t)$, hoe men deze ook definieren wil, geringer is dan die van $s_i(t)$. Volgens de vergelijkingen (11) en (13) moeten

we er dan naar streven, dat de autocorrelatiefunctie van het ingangssignaal belangrijk korter „duurt" dan het signaal zelf. Uit fig. 1b moge overigens duidelijk worden, dat er, met het door vergelijking (16) beschreven signaal en het daaraan aangepaste filter, een uitgangssignaal wordt verkregen, dat twee maal zo lang duurt als het ingangssignaal. De oorzaak van de grotere duur van het in fig. 1b weergegeven signaal komt voort uit het feit, dat wanneer men de signalen van fig. 1a één periode ten opzichte van elkaar verschuift, de figuren elkaar praktisch weer bedekken. Dit effect spreekt duidelijker wanneer het gaat om langere golftreinen.

Om een kortere duur van het uitgangssignaal te bereiken moet men er dan ook zorg voor dragen, dat naast elkaar liggende perioden van het signaal verschillend zijn. Een middel hiertoe is frequentiemodulatie op het signaal toe te passen. Met behulp van (11) en (13) kan men gemakkelijk inzien, dat de autocorrelatie van een in frequentie gemoduleerde puls (fig. 2) veel sneller toe- en afneemt dan die van een ongemoduleerde.

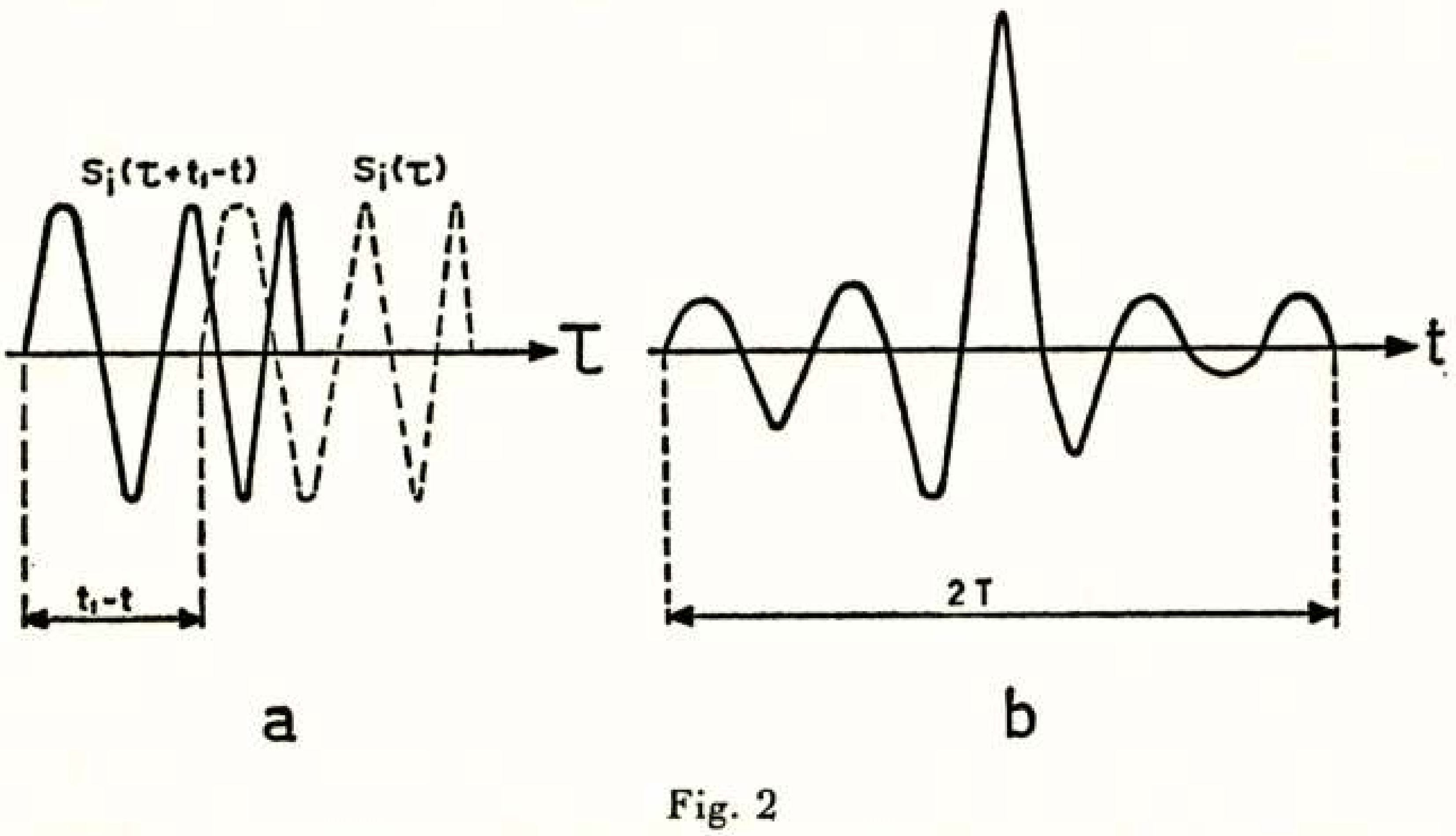


Fig. 2
Bij een in frequentie gemoduleerde puls (a) heeft de autocorrelatiefunctie een kortere duur (b) dan in fig. 1.

Indien de twee tijdfuncties thans ten opzichte van elkaar één periode worden verschoven, valt geen der perioden van de ene functie geheel samen met enige periode van de andere functie. In principe zal ook nu de duur van het uitgangssignaal 2T bedragen. Als definitie voor de duur voert men in, de tijd om een bepaalde verzwakking ten opzichte van het maximum te be-

reiken; het in fig. 2b geschetste signaal kan dan belangrijk korter zijn.

Een en ander kan men ook wel direkt fysisch inzien. Indien men met behulp van een netwerk wil bereiken, dat de duur van een puls aan de uitgang korter is dan die aan de ingang, dan moet men er voor zorgen, dat het begin van de puls een langere looptijd heeft dan het einde daarvan: het einde haalt als het ware het begin in. Indien het signaal in frequentie wordt gemoduleerd, kan men de looptijd van het netwerk zo aan het signaal aanpassen, dat het geschetste effect wordt verkregen. Wanneer, zoals meestal het geval is, de frequentie van het signaal lineair met de tijd toeneemt, zal de groepslooptijd van het filter lineair met de frequentie moeten afnemen. Een volledig optimaal filter, dus een filter dat volledig aan het signaal is aangepast, is niet bereikbaar. Steeds moet men met een compromis volstaan, dat het ideaal meer of minder benadert.

We beschouwen van de uitgezonden pulstrein één enkele puls. We nemen aan, dat de frequentie van het uitgezonden signaal lineair met de tijd verandert gedurende de duur T van de puls. Schrijven we voor de momentele frequentie

$$\omega_i(t) = \omega_c + \mu t,$$

dan is

$$f(t) = p_T(t) \cos\left(\omega_c t + \frac{\mu t^2}{2}\right) = Re\left\{ p_T(t)\, e^{j\left(\omega_c t + \frac{\mu t^2}{2}\right)}\right\}. \qquad (17)$$

Het signaal $f(t)$ is geschetst in fig. 3a, terwijl in fig. 3b het verloop van de frequentie als functie van de tijd wordt gegeven.

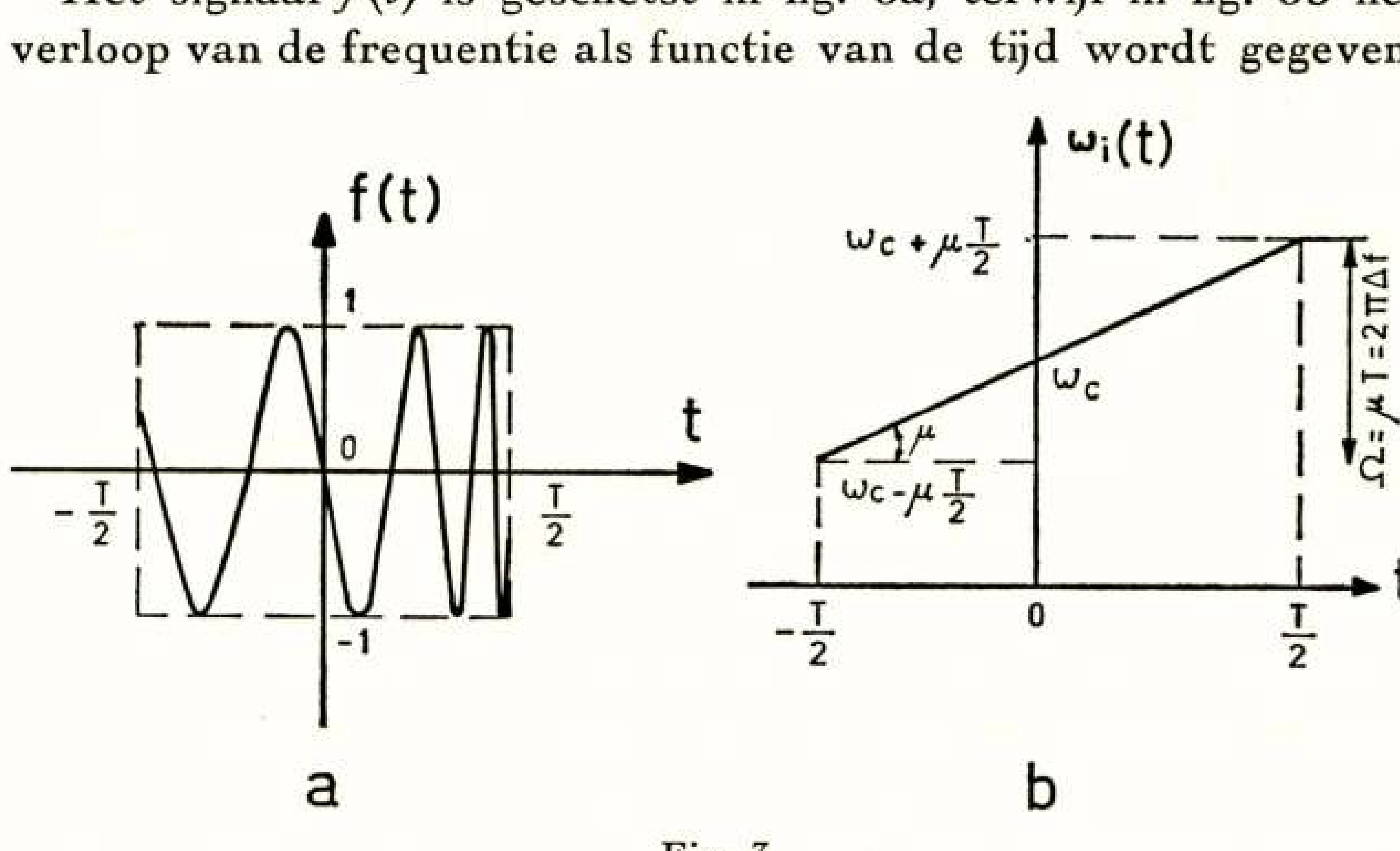


Fig. 3

a. Het zendsignaal f(t) volgens formule (17); tsjilpsignaal.

b. Het verloop van de hoekfrequentie als functie van de tijd.

Indien bij de conventionele radar de draaggolffrequentie konstant wordt gehouden, vertoont het frequentiespectrum van het zendsignaal een $\frac{\sin x}{x}$-verloop, daar deze vorm wordt bepaald door het transformeren van de rechthoekige pulsfunctie $p_T(t)$ naar het frequentiedomein. Ten gevolge van de frequentiemodulatie zal het nu optredende spectrum $F(\omega)$ worden gevonden door de factor $\frac{\sin x}{x}$, afkomstig van de omhullende, te convolueren met de getransformeerde van de hoogfrequentfactor $\cos(\omega_c t + \frac{1}{2}\mu t^2)$. Immers vermenigvuldigen in het ene gebied leidt tot convolueren in het andere. We vinden, dat

$$p_T(t) \circ\!-\!\circ\, P_T(\omega) = \frac{2 \sin \omega \frac{T}{2}}{\omega},$$

en

$$e^{j\left(\omega_c t + \frac{\mu t^2}{2}\right)} \circ\!-\!\circ\, S_h(\omega) = \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}} \exp - j\left\{\frac{(\omega - \omega_c)^2}{2\mu} - \frac{\pi}{4}\right\},$$

zodat we voor het frequentiespectrum vinden:

$$F(\omega) = P_T(\omega) * S_h(\omega) = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{\mu}}\, A\, e^{-j\frac{(\omega-\omega_c)^2}{2\mu}} = e^{-\alpha - j\beta}, \tag{18}$$

met $$A = \left[C(x_1) + C(x_2) + j\left\{S(x_1) + S(x_2)\right\}\right].$$

Hierbij zijn $C(x)$ en $S(x)$ Fresnel-integralen[1]), terwijl

$$x_{1,2} = \sqrt{\frac{\Omega T}{4\pi}} \pm \sqrt{\frac{\Omega T}{\pi}}\, \frac{\omega - \omega_c}{\Omega},$$

waarin $\Omega = \mu T$.

Indien de maximale frequentie-afwijking wordt aangeduid met $\triangle f = \frac{\Omega}{2\pi} = \frac{\mu T}{2\pi}$, dan is het z.g. tijd-bandbreedte-product $\Omega T = 2\pi T \triangle f$ bepalend voor de vorm van het spectrum, wanneer dit beschreven wordt als funktie van $\frac{\omega - \omega_c}{\Omega}$. In fig. 4 is het spectrum $|F(\omega)|$ geschetst voor twee waarden van $T\triangle f$. Het blijkt dat voor $T\triangle f$ groter dan 10, ongeveer 95% van de totale

---

([1] zie appendix 2

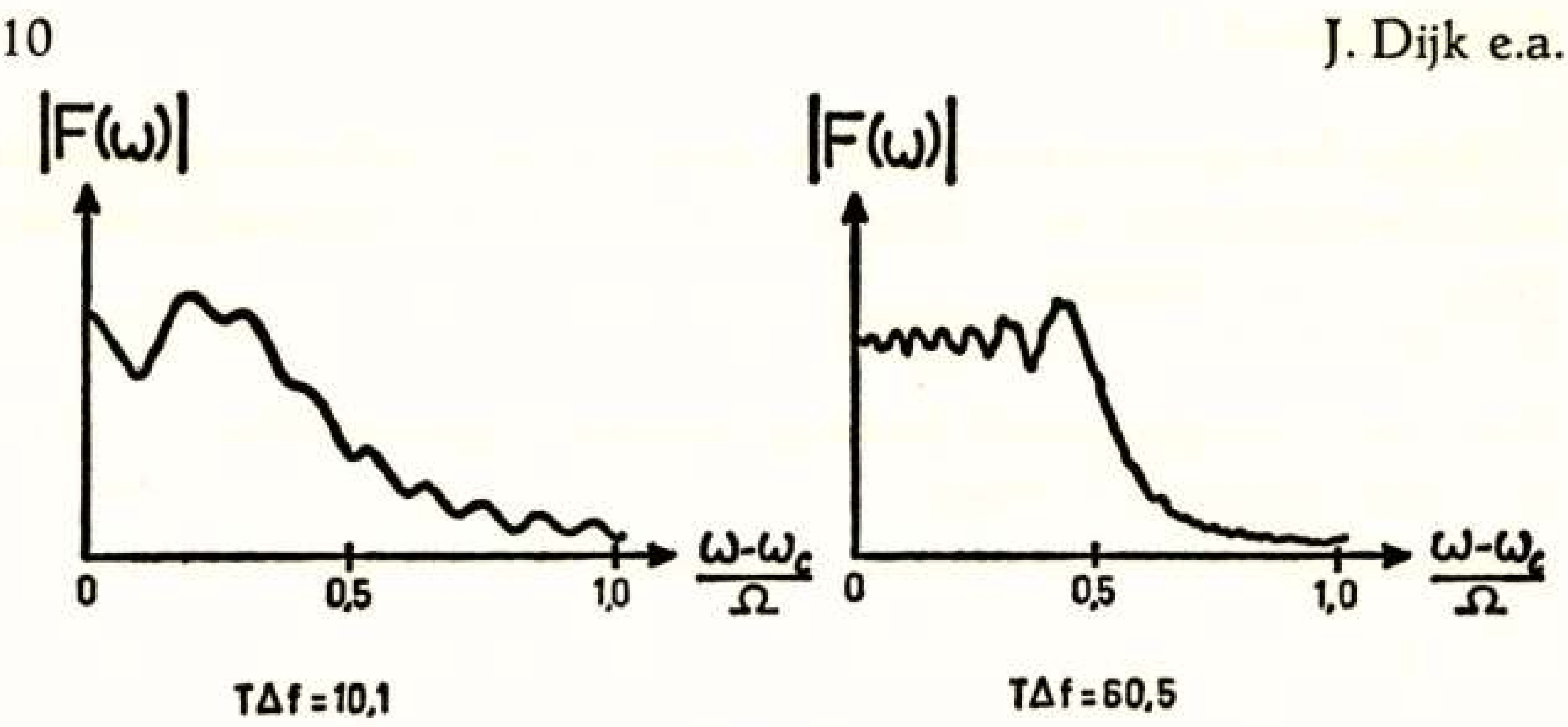


Fig. 4

De amplitude van het spectrum van f(t) voor twee waarden van T △ f.

spectrale energie binnen de frequentieband $\triangle f$ valt [2, 3, 4]. De faseterm β is:

$$\beta = \frac{(\omega-\omega_c)^2}{2\,\mu} - \arctan\frac{S(x_1)+S(x_2)}{C(x_1)+C(x_2)}\,. \tag{19}$$

We willen thans de informatie welke het signaal bevat ontlenen aan één enkele puls. De benadering van het optimale filter zullen we in twee stappen uitvoeren, met als eerste fase alleen een groepslooptijd-aanpassing en als tweede fase een bij benadering optimale aanpassing.

3. Pulscompressie; eerste benadering

We zullen thans van het filter eisen dat zijn fasekarakteristiek is aangepast aan de frequentiemodulatie van het signaal, dus aan $S_k(\omega)$; de invloed van de pulsvormige omhullende op de eis voor $H(\omega)$ zullen we in paragraaf 4 weer in de discussie betrekken.

Wanneer wordt afgezien van de constante vertraging welke voortvloeit uit de factor $e^{-j\omega t_1}$ in vergelijking (1), wordt de overdrachtskarakteristiek van het filter gegeven door:

$$H(\omega) = S_k^*(\omega) = \exp j\,\frac{(\omega-\omega_c)^2}{2\,\mu} = e^{j\,\Theta(\omega)}\,, \tag{20}$$

waarvan de groepslooptijd τ_g als functie van de frequentie lineair verloopt. De groepslooptijd is namelijk de afgeleide naar de frequentie van de fasekarakteristiek:

$$\tau_g(\omega) = -\,\frac{d\,\Theta(\omega)}{d\omega} = -\,\frac{\omega-\omega_c}{\mu}\,.$$

Het uitgangssignaal van het filter, $g(t)$, vindt men door op het uitgangsspectrum $G(\omega) = F(\omega)\, H(\omega)$ de Fourier-transformatie toe te passen:

$$g(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)\, H(\omega)\, e^{j\omega t}\, d\omega =$$

$$= \sqrt{\frac{\mu T^2}{2\pi}}\; \frac{\sin \frac{\mu T t}{2}}{\frac{\mu T t}{2}}\; \cos\left(\omega_c t - \frac{\mu t^2}{2} + \frac{\pi}{4}\right). \tag{21}$$

Het uitgangssignaal heeft een omhullende van de vorm $\frac{\sin x}{x}$ en een lineaire frequentiemodulatie.

De tijd, waarop de amplitude, van het maximum uit gerekend, het eerste nulpunt heeft, (dit treedt op bij $\frac{\mu T \tau}{2} = \pi$,) definieren we als de tijdsduur τ van het signaal. Deze komt ongeveer overeen met de 4 dB-tijdsduur (zie fig. 5). Er treedt dan in de duur van het signaal een pulscompressie op van

$$D = \frac{T}{\tau} = \frac{\mu T^2}{2\pi} = T \triangle f. \tag{22}$$

Het tijd-bandbreedte-product wordt daarom ook compressieverhouding genoemd. Daar de duur van het uitgangssignaal kleiner is dan die van het ingangssignaal (afhankelijk van de grootte van D), is de totale frequentieverandering van $g(t)$ kleiner dan die van $f(t)$ en meestal te verwaarlozen. Voor de

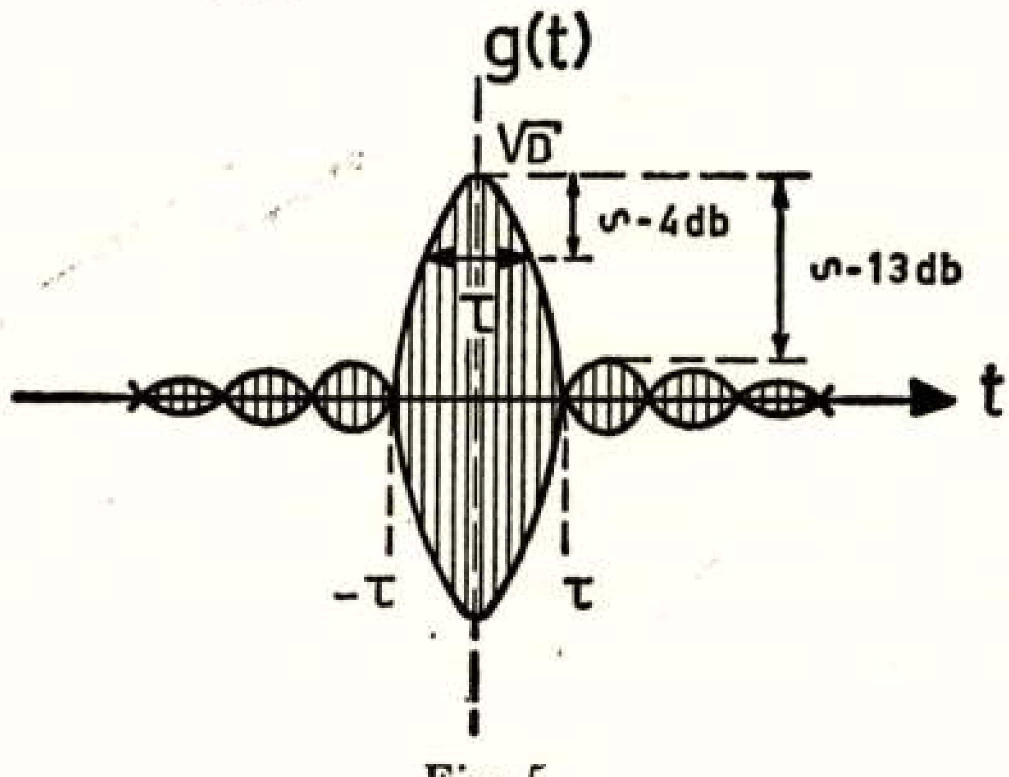


Fig. 5
Het uitgangssignaal na het pulscompressiefilter (schematisch).

amplitude van het uitgangssignaal ten tijde $t = 0$ kunnen we nog schrijven

$$\sqrt{\frac{\mu T^2}{2\pi}} = \sqrt{D}\,,$$

zodat deze evenredig met de wortel uit de compressieverhouding is toegenomen.

Naast de voordelen van de grotere amplitude $g(0)$ en de geringere tijdsduur van de uitgangspuls vormt het optreden van „tijd-zijlussen", afkomstig van de faktor $\frac{\sin x}{x}$, een bezwaar tegen een dergelijk signaal. Deze zijlussen treden steeds op bij transformatie van een $p_T(t)$-signaal. Men zal dan ook aandacht moeten besteden aan het onderdrukken van deze zijlussen zonder de tijdsduur van het signaal al te zeer te vergroten.

Het optreden van niet-onderdrukte zijlussen levert bezwaren op bij de radar-detectie van meervoudige doelen. Er staan drie methoden tot zijlusonderdrukking ter beschikking en wel:

1) het wijzigen van de karakteristieken van het zendsignaal,
2) het wijzigen van de karakteristieken van het compressiefilter,
3) een combinatie van beide methoden.

Indien men bij de eerste en derde mogelijkheid de omhullende van het zendsignaal zou veranderen stuit dit op praktische problemen bij het in de verzadiging sturen van de eindtrappen van de zender.

Een veel gebruikte methode voor het onderdrukken van zijlussen is het corrigeren van het signaal in de ontvanger. Dit is te realiseren door een tweede filter, dat een voorgeschreven amplitude- en een rechte fase-karakteristiek heeft, met het compressiefilter in cascade te schakelen. Voor het amplitude-verloop als functie van de frequentie kiest men meestal een Taylor- of Hamming-funktie, die beide klokvormig verlopen. De zijlussen worden hierdoor 40 *dB* t.o.v. de maximale waarde van het signaal onderdrukt, terwijl bij de oorspronkelijke $\frac{\sin x}{x}$-funktie het eerste nevenmaximum slechts 13 *dB* onder het maximum ligt. De verlenging van de duur van de puls bedraagt, bij het toepassen van genoemde functies, ongeveer een factor 1,5 en de signaal-ruis-verhouding vermindert ca. 1,3 *dB* [5, 6, 7].

4. Pulscompressie; tweede benadering

Thans zullen we ook de invloed van de omhullende van het signaal op de eis voor $H(\omega)$ in de beschouwing betrekken. De optimale frequentiekarakteristiek van het filter wordt gevonden, wanneer hiervoor volgens de vergelijkingen (1) en (18) wordt genomen:

$$H_m(\omega) = aF^*(\omega)\, e^{-j\omega t_1} ,$$

waarin $F^*(\omega)$ de geconjugeerde van het signaalspectrum $F(\omega)$ is en t_1 het tijdstip, waarop de optimale signaal-ruis-verhouding wordt bereikt. Wanneer we afzien van de vertraging t_1, dan is het uitgangssignaal:

$$g_m(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)\, H_m(\omega)\, e^{j\omega t}\, d\omega = \frac{a}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)\, F^*(\omega)\, e^{j\omega t}\, d\omega \,. \quad (23)$$

Bij de aanname, dat het filter geen versterking of verzwakking geeft, vindt men na enige herleiding:

$$g_m(t) = \sqrt{\frac{\mu T^2}{2\pi}}\; \frac{\sin \frac{\mu t}{2}(T - |t|)}{\frac{\mu t T}{2}} \cos \omega_c t\,, \quad (24)$$

voor $-T \leqq t \leqq T$.

Vergelijken we het uitgangssignaal $g_m(t)$ bij optimaal filteren met het uitgangssignaal $g(t)$ bij pulscompressie volgens de eerste benadering, dan blijken beide signaalfunkties voor $|t| \ll T$ aan elkaar gelijk te worden; beide funkties bevatten een faktor $\frac{\sin x}{x}$.

Voor het realiseren van het optimale filter zou men een amplitudekarakteristiek moeten eisen van de vorm $|H_m(\omega)| = |F(\omega)|$, zie fig. 4, terwijl volgens verg. (19) de faseterm zou moeten zijn:

$$\beta_m = -\frac{(\omega_c - \omega)^2}{2\mu} + \arctan \frac{S(x_1) + S(x_2)}{C(x_1) + C(x_2)} \,.$$

Dit is een in de praktijk moeilijk te verwerkelijken filter, waardoor men dan ook overgaat op een benaderd optimaal filter. Eenvoudshalve nemen we een doorlaatkarakteristiek

$H'_m(\omega)$ aan met een constant amplitudeverloop binnen de doorlaatband en een fasekarakteristiek, waarin de arctan-term niet voorkomt (fig. 6) en wel

$$H'_m(\omega) = P_\Omega(\omega - \omega_c)\, exp\, j\, \frac{(\omega_c - \omega)^2}{2\,\mu},$$

$$\text{met } P_\Omega(\omega) = 1 \quad \text{voor } |\omega - \omega_c| \leqq \frac{\Omega}{2},$$

$$P_\Omega(\omega) = 0 \quad \text{voor } |\omega - \omega_c| \geqq \frac{\Omega}{2}.$$

Er treedt dus een lineaire groepslooptijdverandering op (fig. 6b), eenzelfde als in de vorige paragraaf is aangenomen. De afwijking van het optimaal filteren uit zich in een degradatie van de signaal-ruis-verhouding, die zal afhangen van de grootte van de compressie-verhouding en bij een D van 25 ongeveer 0,5 dB bedraagt [2]. Echter, een meer afgevlakt verloop van de amplitudekarakteristiek zal de vorm van het spectrum dichter benaderen dan het rechthoekige.

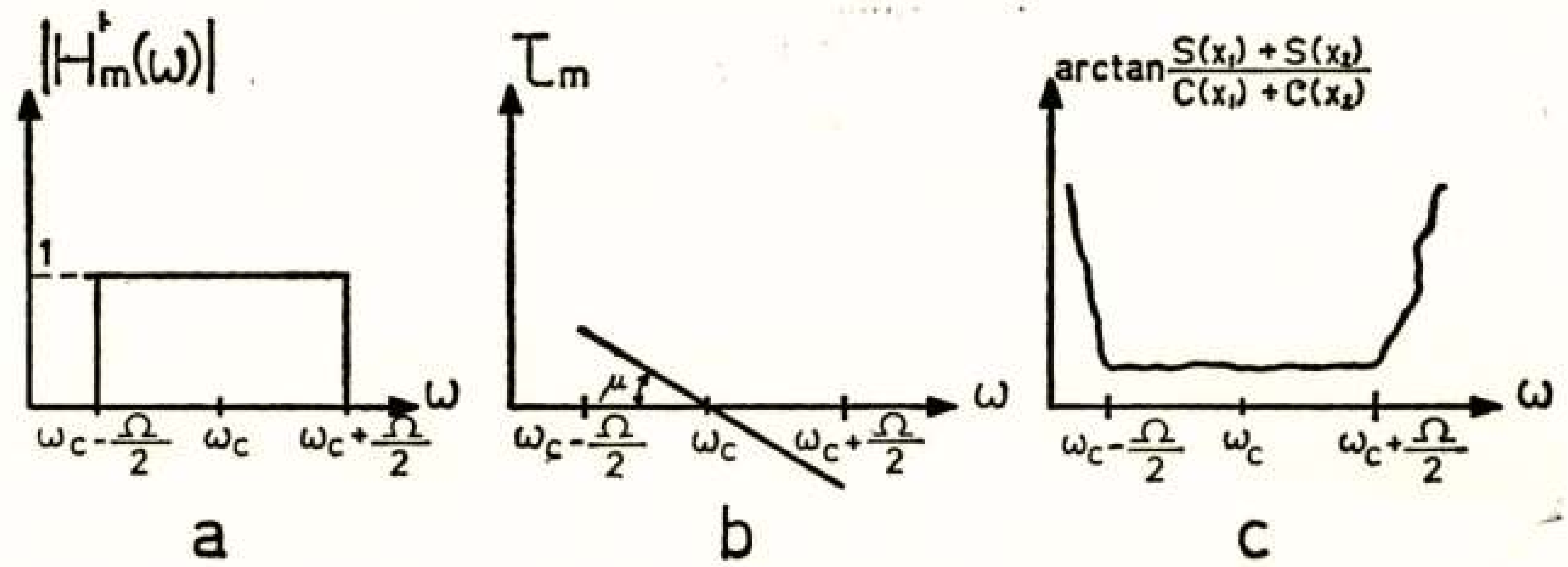


Fig. 6

Het verloop van de amplitude- (a) en groepslooptijdkarakteristiek (b) van het benaderde „matched filter", (c): de verwaarloosde bijdrage van de faseterm.

Indien met een dergelijke filter pulscompressie wordt toegepast, heeft men tevens een bijna ideale „matched filtering" bereikt, hetgeen inhoudt, dat de signaal-ruis-verhouding aan de uitgang van het filter, op een kleine degradatie na, het optimum $\frac{2E}{N_0}$ bedraagt.

Appendix 1

Bewijs van formule (9).

Voor de Fourier-transformatie van het complexe spectrum $S_i(\omega)$ geldt:

$$s_i(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} S_i(\omega)\, e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\Big\{(R(\omega)\cos\omega t - X(\omega)\sin\omega t)\Big\} +$$

$$+ j\{(X(\omega)\cos\omega t + R(\omega)\sin\omega t)\}d\omega, \text{ met } S_i(\omega) = R(\omega) + jX(\omega).$$

De transformatie van de frequentiekarakteristiek van het optimale filter is:

$$h(t) = \frac{a}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} S_i^*(\omega)\, e^{-j\omega t_1} e^{j\omega t} d\omega = \frac{a}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} S_i^*(\omega)\, e^{j\omega(t-t_1)} d\omega =$$

$$= \frac{a}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \{R(\omega) - jX(\omega)\}\{\cos\omega(t-t_1) + j\sin\omega(t-t_1)\}d\omega =$$

$$= \frac{a}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} [\{R(\omega)\cos\omega(t-t_1) + X(\omega)\sin\omega(t-t_1)\} -$$

$$- j\{X(\omega)\cos\omega(t-t_1) - R(\omega)\sin\omega(t-t_1)\}]\,d\omega = s_i^*(t_1 - t).$$

Appendix 2

De Fresnel-integralen zijn

$$C(x) = \int_0^x \cos\frac{\pi y^2}{2}\,dy \quad \text{en} \quad S(x) = \int_0^x \sin\frac{\pi y^2}{2}\,dy.$$

LITERATUUR

1. D. O. North, „Analysis of factors which determines signal noise discrimination in radar", RCA Labs, report no. PTR-6c, 1963; Proc. IRE *51*, 1016—1027, 1963.
2. J. R. Klauder, A. C. Price, S. Darlington, W. J. Albertsheim, „The theory and design of chirp radars", B.S.T.J. *39*, 745—808, 1960.
3. C. E. Cook, „Pulse compression-key to more efficient radar transmission", Proc. IRE *48*, 310—316, 1960.

4. P. Tournois, „Analogie optique de la compression d'impulsion", Ann. de radioélectricité, *19*, 267—280, 1964.
5. C. L. Temes, „Sidelobe suppression in a range channel pulse-compression radar", IRE Trans. Mil. Electr. MIL-6, 162—169, 1962.
6. C. E. Cook, J. Paolillo, „A pulse compression pre-distorsion function for efficient sidelobe reduction in a high power radar", Proc. IEEE *52*, 377—389, 1964.
7. C. E. Cook, J. Paolillo, M. Bernfeld, C. A. Palmieri, „Matched filtering, pulse compression and waveform design". Microwave Journal *7*, 57—64, oct. 1964; 81—90, nov. 1964; 70—76, dec. 1964; *8*, 73—81, jan. 1965 (met literatuuropgave).

Manuscript ontvangen 17 december 1965.

CONGRESSEN E.D.

International Symposium on Generalized Networks
April 12-14, 1966 in New York City.

The Polytechnic Institute of Brooklyn announces a „Symposium on Generalized Networks" as the sixteenth in the MRI series of annual international symposia held in cooperation with the Institute of Electrical and Electronics Engineers and this year, the Optical Society of America and the Society for Industrial and Applied Mathematics. The Hotel Commodore in New York City will be headquarters for the April 12—14, 1966 symposium.

This symposium will be concerned with extensions of network theory, particularly as associated with the port performance of complex structures into broad areas of science and technology beyond the domain of R-L-C circuits. Particular topics to be considered include distributed parameter systems; application of network ideas to electromagnetic propagation in all sorts of physical media, such as solids, gaseous plasma, etc.; generalized theory of active networks; and realizability theory based on physical postulates.

The following list of topics is suggestive of the areas of particular interest:

1. Network theory of distributed structures;
2. Network representations in electromagnetic theory;
3. Optical systems as networks;
4. Translation of physical laws into constraints on network realizability;
5. Networks as thermodynamic systems;
6. Network formalism in quantum mechanical systems;
7. New attacks on classical network problems;
8. Network representations of biological systems.

The symposium is organized, as in past years, under the aegis of the Microwave Research Institute of the Polytechnic Institute of Brooklyn, with the co-sponsorship of the Air Force Office of Scientific Research, the Office of Naval Research and the Army Research Office. Proceedings of the Symposium on Generalized Networks will be published as Volume XVI in the MRI Symposia Series and will be available at a reduced rate to members of the participating societies.

The Symposium Committee Co-Chairmen, Professors H. J. Carlin and D. C. Youla, will welcome contributed papers up to the deadline of 1 January 1966. Please address all correspondence to: Symposium Committee, Polytechnic Institute of Brooklyn, 333 Jay Street, Brooklyn, N.Y. 11201.

Jerome Fox, Secretary.

15e Algemene Vergadering van de URSI

De 15e Algemene Vergadering van de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie (URSI) zal plaats vinden van 5 tot 15 september 1966 te München. Inlichtingen over de programma's

in de commissies kunnen worden ingewonnen bij de officiële gedelegeerden:

voor Cie. I (Radio measurements and standards): Ir. L. R. M. Vos de Wael, p.a. Dr. Neher Laboratorium, Leidschendam;

voor Cie. II (Radio and Troposphere): Ir. L. Krul, p.a. Laboratorium voor de transmissie van informatie, Technische Hogeschool, Kanaalweg 2b, Delft;

voor Cie. III (Ionosphere): Prof. Dr. J. Veldkamp, p.a. KNMI, De Bilt;

voor Cie. IV (Magnetosphere): Prof. Dr. J. Veldkamp en Ir. J. J. Bloemsma, Mient 551, Den Haag;

voor Cie. V (Radio Astronomy): Prof. Dr. J. H. Oort, p.a. Sterrewacht, Leiden;

voor Cie. VI (Radio waves and Circuits): Prof. Ir. J. W. Alexander, p.a. Technische Hogeschool, Kanaalweg 2b, Delft;

voor Cie. VII (Radio Electronics): Prof. Dr. Ir. A. A. Th. M. van Trier, p.a. Technische Hogeschool, Insulindelaan 2, Eindhoven.

Deelnemers aan het congres worden door het Nationale URSI-Comité voorgedragen. Voor algemene inlichtingen en een verzoek tot deelname kan men zich wenden tot de secretaris van het Nederlands Nationaal URSI-Comité, Dr. A. D. Fokker, Sterrewacht Sonnenborgh, Servaasbolwerk 13, Utrecht.

Symposium on Radio Astronomy and the Galactic System

Dit symposium, georganiseerd door de Internationale Astronomische Unie (IAU) en de URSI, zal plaats vinden te Noordwijk van 25 tot 31 augustus 1966. Inlichtingen kunnen worden ingewonnen bij Prof. Dr. J. H. Oort, p.a. Sterrewacht, Leiden.

Symposium on Solar-Terrestrial Physics

Dit symposium, georganiseerd door URSI, UGGI, IAU en COSPAR, zal plaats vinden te Belgrado van 29 augustus tot 2 september 1966. Inlichtingen inzake de organisatie van het symposium kunnen worden aangevraagd bij Dr. ing. D. Bajic, chairman of the URSI-Belgrade Symposium Committee, P.O. Box 356, Belgrade, Yugoslavia.

Colloque international de commutation électronique

Dit „colloque", georganiseerd door the Union of International Technical Associations en la Société Française des Electroniciens et des Radio-electriciens, zal plaatas vinden te Parijs, van 28 tot 31 maart 1966, in UNESCO's Conference Hall, UNESCO House, 25, Avenue de Suffren, Paris 7e. Het programma vermeldt: System Design — Connection Networks for Spatial-Switching Systems — Control Components — Programming of Electronic Systems — Time Division Electronic Switching Systems — Special Devices for Switching Systems — Assistance provided by Computers for Telecommunications Systems Engineering. Correspondentie-adres: Colloque international de commutation électronique, 16, rue de Presles, Paris 15e, France.

Plenipotentiary Conference International Telecommunication Union (ITU)

De ITU, opgericht in 1865, heeft zijn negende „Plenipotentiary Conference" in zijn honderdjarige geschiedenis gehouden van 14 september tot 12 november 1965 in Montreux. Van de 128 ledenlanden waren er 120 vertegenwoordigd. Als nieuwe „Secretary-General" is gekozen Dr. Manohar Balaji Sarwate, India. De volgende conferentie zal worden gehouden in 1971 in Genève.

Radiocommunications spatiales

De „Société Belge des Ingénieurs des Télécommunications et d'Electronique (SITEL)" organiseert in samenwerking met het „Comité National Belge de l'URSI" de volgende „conférences".

Vendredi 28 janvier 1966, à 20 h 15, à la Fondation Universitaire: conférence de Monsieur *Jean VOGE,* professeur à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (Paris), sur ETAT ACTUEL DES TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITES ET DÉVELOPPEMENT A PRÉVOIR DANS L'AVENIR.

Vendredi 25 février 1966, à 20 h 15, à la Fondation Universitaire: conférence de Monsieur *M. MIGEOTTE,* professeur à l'Université de Liège, sur APPLICATION DES LASERS A LA MESURE DES GRANDES DISTANCES ET AUX TÉLÉCOMMUNICATIONS.

TENTOONSTELLINGEN E.D.

Salon international des composants électriques
Salon international de l'électroacoustique

Deze beide „Salons" worden gehouden van 3 tot 8 februari 1966 te Parijs, Parc des Expositions, Porte de Versailles.

Kunststoffmesse Düsseldorf 1967

De vijfde Internationale Kunststoffmesse wordt gehouden van 5 tot 12 oktober 1967 in Düsseldorf.

NIEUWE PRODUCTEN

Koude-kathode-triggerbuis

Philips brengt een nieuwe koude-kathode-triggerbuis ZC 1030, die sneller, robuuster, kleiner en goedkoper is dan zijn voorganger

Z 70 U. Het miniatuurbuisje (6 x 20 mm) heeft vier aansluitdraden, die direct in het circuit kunnen worden gesoldeerd.

Professionele televisie-impulsgenerator

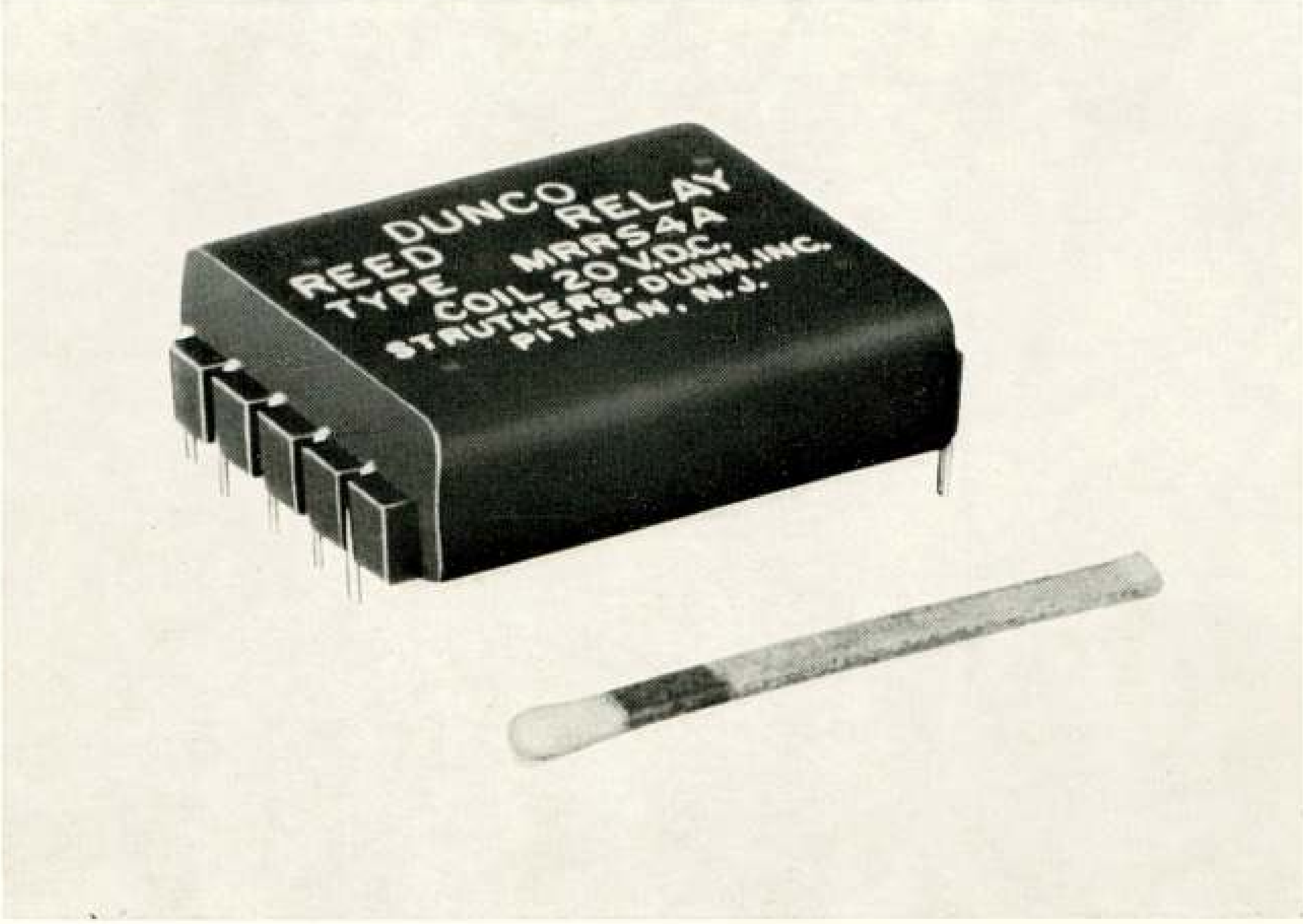
Philips introduceert een geheel getransistoriseerde professionele televisie-impulsgenerator PM 5530, voor de levering van lijn-, beeld-, synchronisatie- en onderdrukkingsimpulsen voor het CCIR- en het RTMA-systeem.

Nieuwe luidsprekers ondieper

Door toepassing van ticonal 750, een nieuw permanent magnetisch materiaal met bijzonder homogene kristalstructuur, en een spreekspoel, bestaande uit vier of meer lagen op een spoelkokertje, dat slechts 3 mm lang is, heeft Philips een luidspreker verkregen met dezelfde electro-acoustische eigenschappen als zijn voorganger, doch 14 mm ondieper.

Zeer dunne relais voor gedrukte schakelingen

Door Struthers-Dunn Inc. (vertegenwoordigers: Nenimij N.V., Laan Copes van Cattenburch 74, 's-Gravenhage) is een zeer laag, sub-miniatuur tweepolig reed-relais geïntroduceerd, dat speciaal is ontwikkeld om aan de geringe beschikbare ruimte bij gedrukte schakelingen tegemoet te komen.



Het relais is 32 mm lang en 15 mm breed en kan direct tegen de printplaat worden gemonteerd. De totale hoogte is dan 9 mm. De

type-aanduiding is MRRS2A. Het relais bevat twee N.O.contacten, die elk 10 watt kunnen schakelen. Uitvoeringen met enkele of dubbele spoel voor 6, 12 en 24 volt gelijkspanning zijn leverbaar. Van binnen zijn de relais electromagnetisch afgeschermd.

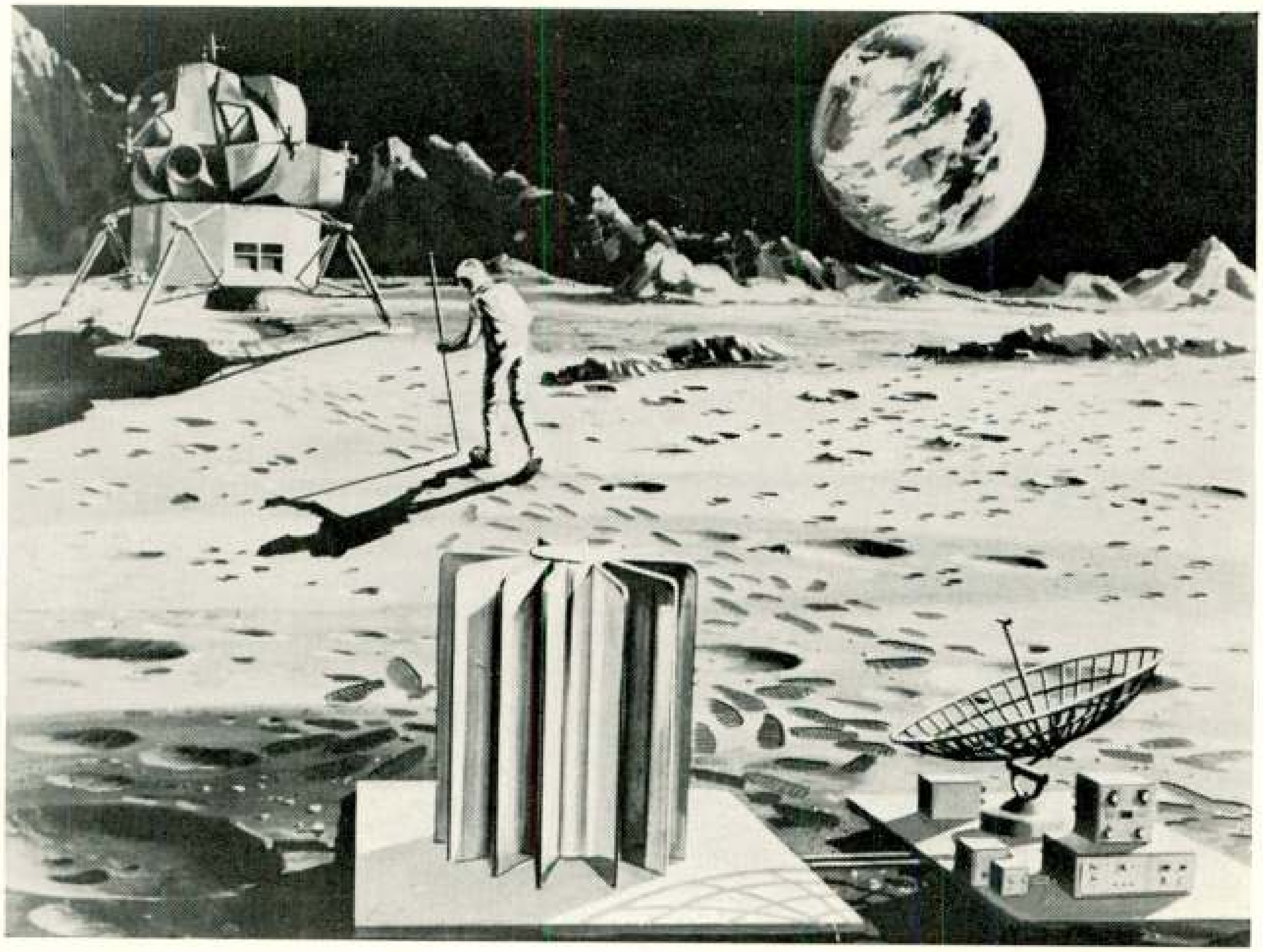
Cyclotron „MUSIC"

Raytheon Company (Waltham, Mass.) en CSF (Compagnie générale de telegraphie sans fil, Paris) construeren een cyclotron met de welluidende benaming „MUSIC" (Maryland University Sectored Isochronous Cyclotron). De eerstgenoemde construeert het voor de universiteit van Maryland, de tweede doet het voor de universiteit van Grenoble. Het werk zal in 1968 zijn voltooid. Van het Maryland-cyclotron wordt de diameter 104 inches, het gewicht van de magneet 320 ton; de kosten zijn ongeveer 3 millioen dollar.

VARIA

Toekomstmuziek: een elektrische centrale op de maan

De eerste elektrische centrale op de maan moet de energie leveren voor wetenschappelijke instrumenten, die naar men aanneemt nog voor 1970 door Amerikaanse Apollo-astronauten op de maan



De eerste elektriciteitscentrale op de maan (links op de voorgrond) zal een door plutonium gevoede thermo-elektrische generator zijn. Het apparaat zal de energie leveren voor de instrumenten (rechts), die nog tot een jaar nadat de Apollo-astronauten naar de aarde zijn teruggekeerd, hun gegevens zullen overseinen.

zullen worden achtergelaten. Nadat de ruimtevaarders weer zijn vertrokken, zullen de door deze instrumenten verzamelde gegevens nog een half jaar tot een jaar lang naar de aarde worden overgeseind.

De in de ruimtevaart veel gebruikte zonnebatterijen zullen hier geen dienst kunnen doen, omdat zij in de lange maannacht geen energie zullen kunnen leveren. Chemische brandstoffen zouden wegens de lange periode, waarin de instrumenten hun gegevens doorgeven, te grote voorraden vereisen. Daarom is volgens het Amerikaansche Bureau voor de ruimtevaart (NASA) een nucleaire generator, ontworpen en ontwikkeld door de Minnesota Mining and Manufacturing Company (afgekort: 3M-Company) de meest geschikte energiebron voor de op de maan achter te laten apparatuur, die bekend staat onder de naam ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Packages).

De in het Apollo-project te gebruiken generator, aangeduid als SNAP-27 (System of Nuclear Auxiliary Power) bevat een thermozuil, waarvoor de benodigde warmte wordt geleverd door plutonium-238. De SNAP-27 zal een vermogen van 50 watt ontwikkelen.

Doordat bewegende delen ontbreken en er geen noodzaak tot onderhoud bestaat, vormen deze generatoren een hoogst betrouwbare en relatief goedkope energiebron op afgelegen plaatsen, waar extreme weersomstandigheden heersen. Als energiebron voor onder meer relayeerstations en automatische weerstations worden de thermo-elektrische generatoren reeds veel gebruikt.

Een van de eerste door kernbrandstof aangedreven generatoren, die door de 3M-Company werd ontwikkeld, levert nog steeds de energie voor een zender aan boord van een navigatie-satelliet van de Amerikaanse marine, die in 1961 werd gelanceerd. Het is de oudste nog funktionerende kunstmaan van de Verenigde Staten.

Luchtverkeersleidingscentrum Stockholm

Met het in gebruik nemen van de nieuwe installatie op de internationale luchthaven Arlanda werd het luchtverkeersleidingscentrum van het vluchtinlichtingengebied Stockholm officieel in bedrijf gesteld. Via dit centrum wordt al het civiele en militaire luchtverkeer van de civiele luchthavens Bromma en Arlanda en van verschillende vliegbases in het gebied gecoördineerd. Het centrum is het eerste in Scandinavië, waarmede het luchtverkeer wordt geleid door automatische verwerking van informatie, afkomstig van verschillende radarstations. De installatie is geleverd door Standard Radio & Telefon A.B.

Europe's largest closed-circuit television system

The largest closed-circuit television system in Europe — and probably the world — has been installed for the Ministry of Defense at its offices in London. The network has 32 camera channels feeding 70 different locations equipped with a total of 100 monitor screens. The system is remotely-controlled from one control room in the heart of the Ministry building. The installation was designed

and carried out by Peto Scott Electrical Instruments Ltd. (Weybridge, Surrey, England).

Nederlandsche Radio Unie

De „Stichting Nederlandsche Radio Unie" heeft een zeer keurig uitgevoerd Jaarverslag 1964 het licht doen zien, waarin de werkzaamheden en lotgevallen van deze Stichting gedurende het verslagjaar worden vermeld. Een groot aantal prachtige foto's versieren dit 75 bladzijden tellende fraaie boekwerk.

BOEKAANKONDIGINGEN

Fields and waves in Communication Electronics, door Simon Ramo, John R. Whinnery and Theodore van Duzer. 754 blz., 289 fig. Uitg. John Wiley & Sons Ltd., London. 1965. Prijs 102 s.

Network Analysis for Telecommunications and Electronics, door R. A. Lampitt. 269 blz., 135 fig. Uitg. Iliffe Books Ltd., London. 1965. Prijs 63 s.

Rechnen und Elektronik, door Kurt Wullschläger und Erich Gelder. 302 blz., 132 fig. Uitg. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. 1965. Prijs Leinen DM 29.50, laminiert DM 19.80.

Versterkers met transistoren, door S. J. Hellings. Deel 1: De voorversterker; 240 blz., 77 fig.; Deel 2: Eindversterkers en voedingsapparaten; 166 blz., 112 fig. Uitg. De Muiderkring N.V., Bussum. 1965. Prijs deel 1: *f* 12,50; deel 2: *f* 10,00.

UIT HET N.E.R.G.

WERKVERGADERINGEN

Op 11 november 1965 is een werkvergadering gehouden in het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Waalre, met als onderwerp: *Magnetische registratie*. Van de vier gehouden voordrachten volgt hier een samenvatting.

Ir. D. L. A. Tjaden, Algemene aspecten van de magnetische registratie.

Als inleiding werd iets verteld over de veldgeometrie van de magnetofoonkop en over de samenstelling en de magnetische eigenschappen van de band. Vervolgens werd behandeld de samenhang tussen:

1) de bekrachtiging van de opneemkop,
2) de resulterende magnetisatietoestand op de band,
3) de geïnduceerde flux in de weergeefkop.

Het verband tussen 2) en 3) (van belang bij het leesproces) kan, in de veronderstelling dat de magnetisatie lineair met het ontmagnetiserende veld samenhangt, op betrekkelijk eenvoudige wijze worden berekend. Het is dienstig, hiertoe gebruik te maken van het reciprociteitsbeginsel. Een en ander werd aan enkele voorbeelden toegelicht. Er is goede overeenstemming tussen theorie en experiment.

Wat betreft de samenhang tussen 1) en 2) (van belang bij het schrijfproces) ligt de zaak aanzienlijk gecompliceerder, daar essentieel gebruik wordt gemaakt van het niet-lineaire karakter van de magnetische eigenschappen van de band. Het aangelegde veld, beschouwd voor een willekeurig elementje van de band, varieert tijdens het schrijfproces zowel in richting als in grootte en wordt voor een belangrijk deel mede bepaald door het ontmagnetiserende veld van de band zelf. Ten einde de hierop betrekking hebbende theorie, die noodzakelijkerwijze vele verwaarlozingen inhoudt, experimenteel te kunnen verifiëren wordt gebruik gemaakt van een vergroot model op schaal 5000 : 1 (zie bv. Philips Techn. T. *25*, 365—375, 1963), waardoor het mogelijk is, de geregistreerde magnetisatie-distributie naar grootte en richting te meten als functie van de plaats in de band. Enkele van deze meetresultaten werden getoond en summier besproken.

Ir. J. H. Wessels, Video-registratie.

Omstreeks 1950 werden de eerste pogingen ondernomen om video-signalen op een magneetband vast te leggen. De moeilijkheden, waar men zich voor geplaatst zag, waren groot. Ze spitsten zich toe op de vier punten, die hieronder zijn aangegeven. Dit zijn dezelfde problemen waar men nu, veel beter toegerust, nog mee te maken heeft.

1) Het over te dragen frequentiegebied loopt tot 5 MHz. Uit de formule die verband legt tussen de schrijfsnelheid, de golflengte en de frequentie (v = b f) volgt dat zelfs met een zeer kleine golflengte de schrijfsnelheid nog zeer groot moet zijn.
2) Het aantal octaven is zeer groot, van 50 Hz tot 5 MHz. Vooral bij het lezen levert dat bezwaren op.
3) Onregelmatigheden in het oppervlak van de magneetband en vuil dat zich dringt tussen kop en band beïnvloeden de amplitude van het overgedragen signaal. Deze storende amplitudemodulatie, die uit de aard der zaak laagfrequent is, word modulatieruis genoemd. Valt het signaal bijna geheel weg, dan spreekt men van een „drop-out". Juist dit soort laagfrequentstoringen zijn hinderlijk in het televisiebeeld.
4) Onregelmatig lopen van de band en trillingen in de band verstoren de regelmaat van de synchronisatie-impulsen die in het TV-signaal zijn opgenomen. Ze komen niet op de juiste tijd. Een TV-toestel rekent op volstrekte regelmaat in de synchronisatie-impulsen (vliegwiel-tijdbasis). Zo ontstaan verschuivingen in het beeld. Men noemt de fout die hieraan ten grondslag ligt de tijdfout.

Op verschillende manieren trachtte men aan deze moeilijkheden

het hoofd te bieden, maar men strandde op een of meer punten. Tenslotte werd een systeem gevonden, dat alle punten op bevredigende wijze oploste. De voornaamste kenmerken daarvan zijn: frequentiemodulatie en een wiel met vier draaiende koppen. Dit systeem is nu standaard in de meeste TV-studio's.

Helaas is dit systeem niet bijzonder geschikt voor een goedkope recorder. Op twee manieren probeert men nu te komen tot een goedkope recorder („home recorder"). De ene manier werkt met draaiende koppen volgens een principe, dat „helical scan" wordt genoemd; de andere manier gaat uit van de conventionele stilstaande kop.

Hoewel enkele fabrikanten hun recorders reeds als „home-recorder" presenteren, ligt het tijdperk van de video-recorders in de huiskamer nog wel enkele jaren van ons af.

Ir. F. J. Planteijdt, Analoge data-recording.

Onder analoge data-recording verstaat men het vastleggen van analoge meetgegevens op een magnetische band. De functie van een recorder als meetinstrument is tweeledig, nl. de geheugenfunctie en de tijdtransformatie. Het opnemen en het weergeven kan nl. met verschillende, doch nauwkeurig bekende snelheden plaats vinden. Voorbeelden van toepassingen zijn o.a. het registreren van trillingen in de seismologie en van electrocardiogrammen in de medische wetenschap.

De meest toegepaste vormen van analoge registratie zijn de Directe Registratie met hoogfrequent voormagnetisatie (D.R.), Frequentie-Modulatie (F.M.) en Puls-Duur-Modulatie (P.D.M.).

De voornaamste eigenschappen van D.R. zijn:

1. een frequentiekarakteristiek, die wel tot hoge frequenties doorloopt, maar niet tot zeer lage;
2. de amplitude-nauwkeurigheid is niet beter dan $\pm$ 10%;
3. de signaal-ruis-afstand is niet bijzonder groot;
4. de fase-karakteristiek vereist bijzondere zorg.

D.R. is dus alleen geschikt voor signalen, waarvan de amplitudenauwkeurigheid niet belangrijk is.

Bij F.M. wordt de amplitude omgezet in een frequentie-variatie. Dit heeft tot gevolg:

1. de frequentie-karakteristiek loopt tot 0 Hz door; het frequentie-bereik wordt echter aan de bovenzijde een factor 3 tot 10 beperkt;
2. de amplitude-nauwkeurigheid is buitengewoon goed;
3. de signaal-ruis-afstand is verhoudingsgewijs uitstekend, indien ten minste de beweging van de band voldoende gelijkmatig is.

F.M. is geschikt voor signalen met niet te grote bandbreedte. Frequenties en deviaties zijn gestandaardiseerd, zodat uitwisseling van banden mogelijk is.

P.D.M. geeft, in tegenstelling tot F.M., de mogelijkheid van „time-division multiplexing", zodat grote aantallen langzaam variërende signalen in één kanaal kunnen worden ondergebracht. Overigens is het systeem nauw verwant aan F.M.

Zowel bij F.M. als bij D.R. bestaat een streven naar steeds kortere golflengten op de band en dus steeds hogere frequenties. De grens van praktische bruikbaarheid ligt voor D.R. bij ca. 1,5 MHz bij een bandsnelheid van 120″/s en voor F.M. bij signalen van 0 Hz tot 500 kHz gemoduleerd op een draaggolf van 1 MHz, eveneens bij 120″/s bandsnelheid.

Deze ontwikkelingen vinden vooral plaats in verband met de ruimtevaart.

Ir. G. L. Walther, Toepassingen van magnetische registratie in rekenmachines.

Bij veel toepassingen van rekenmachine-geheugens, die op magnetische registratie berusten, is het noodzakelijk om in een korte tijd een willekeurige plaats in het geheugen te kunnen bereiken. Daardoor zijn naast de traditionele bandrecorder met zijn inhaerent lange zoektijd, andere geheugenvormen ontstaan: lussen van eindloze band, magnetische kaarten, snel roterende schijven en trommels.

In trommel- en schijvengeheugens worden hoge snelheden van de magnetische laag bereikt, tot 100 m/sec. Om slijtage van de koppen en de magnetische laag te voorkomen, worden de koppen stabiel op een zeer korte afstand (2 tot 5 micron) ingesteld, door ze te laten zweven op het luchtlaagje, dat met het magnetische oppervlak meeroteert. De bewerking van het oppervlak van koppen en laag moet dan aan hoge eisen voldoen.

De rekenmachine-signalen worden, binair gecodeerd en zonder gebruik te maken van een lineariserende hoogfrequent bijstroom, geregistreerd in een aantal parallelle sporen. Om het beschikbare oppervlak effectief te gebruiken, streeft men naar verhoging van de informatiedichtheid, door de spoorsteek (spoorbreedte + onderlinge afstand) en de lengte van een geheugencel in het spoor (bitlengte) te verkleinen.

De spoorbreedte wordt begrensd door de signaal-ruisverhouding en door de onzekerheid in de kopposititie t.g.v. mechanische toleranties en temperatuurvariaties. De bitlengte wordt bepaald door het „oplossend vermogen" van het schrijf- en leesproces (voornamelijk door de afstand bij het lezen). De informatiedichtheid is tegenwoordig enige honderden bits/mm^2.

Naast magnetische lagen met fijn verdeeld ijzeroxyd, wordt ook gebruik gemaakt van metaallagen, meestal legeringen van nikkel en cobalt, die betrekkelijk eenvoudig galvanisch aangebracht kunnen worden op trommels en schijven.

Op 8 december 1965 is een werkvergadering gehouden te Utrecht, gewijd aan twee gekozen onderwerpen van *Medisch-electronische instrumentatie*. Van de twee gehouden voordrachten volgt hier een samenvatting.

Ir. F. J. Janssen (Röntgen medische apparatenfabrick, Philips, Eindhoven), *Electronen en systolen, een bespreking van successen en problemen in de electronische hartregulatie.*

De voordracht werd ingeleid met een summiere bespreking van

de electrische activiteit van het hart. De beginselen van de vector- en monocardiografie werden verklaard; het geleidingsmechanisme van de electrische prikkel, die de ritmische en gecoördineerde contracties van de voorkamers en de kamers van het hart beheerst, werd besproken.

Vervolgens werd een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste storingen, die in dit mechanisme kunnen optreden, met de daarmee gepaard gaande afwijkingen van het hartritme. Enkele van deze ritme-afwijkingen werden gedemonstreerd aan de hand van een electronisch model van het geleidingssysteem van de prikkel.

Een hartcontractie kan kunstmatig worden opgewekt, door aan de hartspier een electrische impuls toe te dienen. Regulatie van het hartritme is dus mogelijk, door met behulp van een electronische schakeling, de zogenaamde „pacemaker", ritmische prikkelimpulsen op te wekken en deze via een electrodensysteem aan de hartspier af te geven. Een dergelijk systeem kan al of niet volledig in het lichaam worden geïmplanteerd. Coördinatie van de kamer- en voorkamercontracties is mogelijk met behulp van een synchronisatie-signaal, dat met een extra electrode van de voorkamer wordt afgenomen.

De belangrijkste problemen in de technologie van de pacemaker, zoals de constructie van de electrode en de electrische energievoorziening, werden tot slot uitvoerig besproken.

Evenals de verder gaande ontwikkeling van de pacemakertherapie zal ook de realisering van een volledig kunsthart in hoge mate worden bepaald door de mogelijkheden van de energievoorziening, die in de toekomst beschikbaar komen.

Ir J. H. van Bemmel (Medisch-Fysisch Instituut T.N.O., Utrecht), *Detectie van de foetale hartfrequentie.*

Zelden zal de medisch-fysicus bestaande (technische) mogelijkheden uit de fysica, breed opgevat, zonder meer kunnen toepassen op de problematiek in de geneeskunde. Wel zal hij, voor zover relevant, putten uit het arsenaal van bestaande oplossingen, wat hem ten dienste staat. Zo is bij de methode, bedacht om hartsignalen van het ongeboren kind te bewerken, o.m. gebruik gemaakt van digitale verwerking.

Vooral gedurende het geboorteproces biedt het continu beschikbaar zijn en registreren van de foetale hartfrequentie voor de medicus vele voordelen. Te midden van ruis en moederlijke hartsignalen dient het langs electrische of akoestische weg verkregen, vaak zeer kleine foetale cardiogram te worden gedetecteerd. Frequentie-, amplitude- en tijdsdomein bieden mogelijkheden, de S/N-verhouding aanzienlijk te verbeteren. Na uitfilteren van de nuttige informatie in het frequentiegebied worden in de amplitudeschaal drempels aangelegd, die de foetale signalen zo nauw mogelijk insluiten. Door middel van anti-coïncidentie kan men de moederlijke storing geheel elimineren. De hierna verkregen pulsserie is de som van een stoorpulsreeks en een vermoedelijk aanwezige foetale pulsreeks, waarbij moet worden bedacht, dat ten gevolge van de anti-coïncidentie met

moederlijke hartsignalen en stoorsignalen sommige foetale responsies zijn uitgevallen.

De tijd, verlopend tussen twee foetale pulsen, is een maat voor de hartfrequentie van het ongeboren kind. In het tijdsdomein kan men nu statistisch de kans vergroten, dat men, uitgaande van de genoemde pulsreeks, met een foetale responsie te doen heeft, door een vergelijkende tijdmeting te verrichten. Slechts dan wordt een gemeten periode als juist geïnterpreteerd, indien kort tevoren een periodeduur is gemeten van bij benadering (met instelbare tolerantie) dezelfde lengte. Er kan aldus een aanzienlijke verbetering worden bereikt van het aantal goede ten opzichte van het aantal foutieve tijdmetingen, ook bij aanzienlijke storing. De gemeten tijd wordt voorts omgezet in het zestigvoud van zijn reciproke waarde, wat de bijbehorende hartfrequentie oplevert in slagen per minuut.

Het is gebleken, dat de gevolgde methode in de kliniek met vruchtbaar resultaat kan worden toegepast.

LEDENMUTATIES

Nieuwe leden

Ir. J. Mandema, M. H. Trompstraat 56, Oegstgeest.
Ir. W. B. G. M. Oude Vrielink, Melis Stokelaan 37, Tilburg.
Ir. A. P. Verlijsdonk, Lissevoort 19, Nuenen.

Voorgestelde leden

Ir. H. W. de Haan, Prins Bernhardlaan 29, Oegstgeest.
A. H. Kriegsman, Prof. Sproncklaan 1, Zeist.
P. A. A. Sevat, Melis Stokelaan 2072, Den Haag.
M. A. Vellekoop, Paradijsstraat 53, Voorburg (Z.H.).

Nieuwe adressen van leden

Ir. J. H. Dijk, Planetenstraat 62, Hilversum.
Ir. F. Maarleveld, Ocarinalaan 562, Rijswijk (Z.H.).
E. L. Ros, Willem van Hornestraat 3, Eindhoven.
Dr. Ir. J. P.M. Schalkwijk, 224 Massachusetts Avenue, Apartment 22, Arlington (Mass.), U.S.A.

Bedankt als lid

Ir. H. J. Lindenhovius, Kievitlaan 2, Eindhoven.

Dit nummer werd gedrukt op 27 januari 1966.

WETENSCHAPPELIJK ONDERWIJS

Technische Hogeschool Delft

Korte samenvatting van de openbare les van Ir. L. Krul, lector in de Afdeling der Elektrotechniek, gehouden op 18 juni 1965.

Geleide en gerichte golven

Voor de verbinding van twee punten dringt zich in het microgolfgebied een buisvormige ruimte op, de zgn. golfpijp. Deze golfpijp kan in dit frequentiegebied fungeren als een gesloten transmissiekanaal. Toch worden deze golfgeleiders tot nu toe niet praktisch toegepast voor de overbrugging van afstanden van enige betekenis. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in het economische vlak.

Hoewel echter de geleide microgolven geen directe rol spelen in de telecommunicatie, is toch hun onmisbaarheid aangetoond bij de realisering van straalverbindingen, radioverbindingen gebruik makend van gerichte golven. Hierbij is steeds de stand van de technische ontwikkeling der geleide-golf-techniek bepalend geweest voor de resultaten, die met de straalverbindingen konden worden bereikt.

Beginnend bij de eerste publieke demonstratie op 31 maart 1931 van de telefoonverbinding tussen Dover en Calais waarbij van microgolven gebruik werd gemaakt, gaf spreker vervolgens aan de hand van de historie een toelichting op de bovengenoemde stelling. Tevens werd gedurende deze wandeling langs het ontwikkelingspad van de straalverbinding gewezen op een aantal punten, die karakteristiek zijn voor een straalverbindingssysteem.

De toekomstige ontwikkelingen in de momenteel in gebruik zijnde frequentiebanden zullen geen wezenlijke uitbreiding van de transportcapaciteit van straalverbindingen opleveren. Daarom zullen nieuwe frequentiebanden moeten worden ontsloten.

Als één van de middelen, die kunnen dienen om de problemen op te lossen die gepaard gaan met de exploratie van nieuwe, hoger gelegen frequentiebanden werd ten slotte de pulscodemodulatie genoemd. Hierbij wordt voor de informatie-overdracht slechts gebruik gemaakt van twee toestanden, „signaal" en „geen signaal". Dank zij de omzetting van het signaal in een nieuw signaal waarbij slechts deze twee toestanden voorkomen, kan een grote mate van betrouwbaarheid worden verkregen.

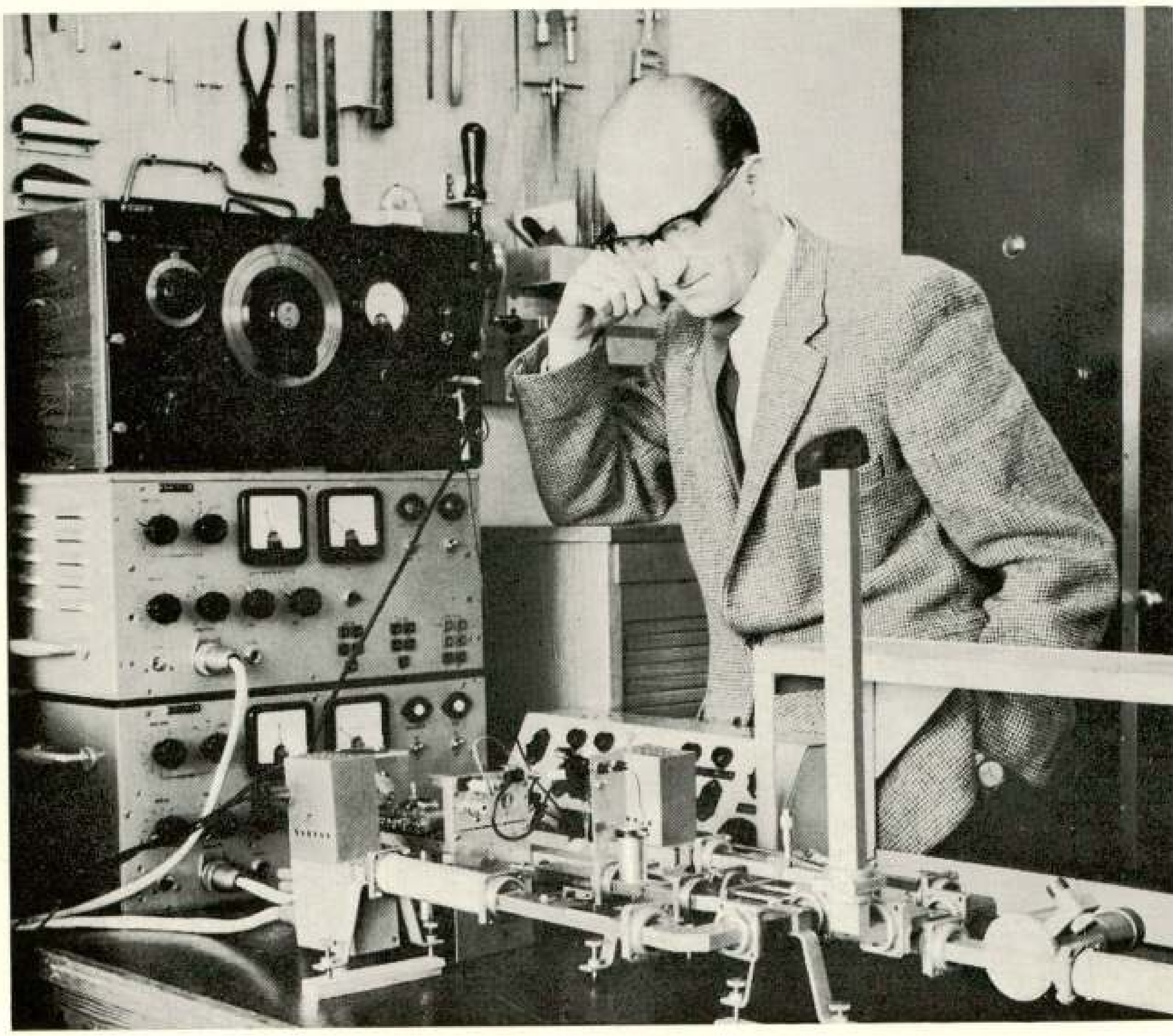
PERSONALIA

Uitgeluid en ingeluid

Werd Ir. L. Krul in het voorwoord van het bestuur van ons Genootschap uitgeluid als hoofdredacteur van het Tijdschrift, waaraan hij lange jaren met grote plichtsbetrachting heeft gewerkt, het is tevens hoog tijd om hem in de rubriek „personalia" in te luiden als lector in de afdeling der elektrotechniek van de Technische Ho-

geschool te Delft. En de gelegenheid daarvoor is schoon, nu hijzelve niet meer verantwoordelijk kan worden gesteld voor de inhoud van dit personalium.

Leendert Krul, te 's-Gravenhage geboren op 20 april 1928, verwierf het diploma van elektrotechnisch ingenieur in oktober 1953 en was van 1955 tot 1965 verbonden aan het Staatsbedrijf der PTT, laatstelijk als chef van het straalverbindingslaboratorium — onderdeel van het Dr. Neher-laboratorium te Leidschendam. Op vrijdag 18 juni 1965 ving lector Krul zijn eigenlijke taak aan met een openbare les, getiteld: „geleide en gerichte golven", waarvan U elders in dit nummer een korte samenvatting aantreft.



Ir. Krul, meer in het bijzonder verbonden aan het laboratorium voor transmissie van informatie, verzorgt thans een tweetal colleges op het gebied van mikrogolf-komponenten en -schakelingen. Op dit gebied heeft de heer Krul vele fraaie resultaten behaald. Deze resultaten vonden waardering door de toekenning van de Vederprijs 1961 aan het team, dat op het Dr. Neher-laboratorium onder zijn leiding stond.

We wensen de jonge lector — oud-hoofdredacteur — en zijn gezin veel voorspoed toe met zijn nieuwe werkkring en spreken de hoop uit, dat hij naast zijn lectorstaak in Delft nog enkele — naar de ervaring uitwees — vruchtbare uren zal kunnen vrijmaken voor het N.E.R.G.

B.